

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-250418

(43) 公開日 平成4年(1992)9月7日

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>  
G 0 2 F 1/1333

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 F 1/1333

審査請求 有

(全5頁)

(21) 出願番号 特願平3-8187

(22) 出願日 平成3年(1991)1月28日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 村井 秀哉

東京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式会  
社内

(74) 代理人 京本 直樹

(54) 【発明の名称】 液晶光学素子およびその製造方法

(57) 【要約】 本公報は電子出願前の出願データであるため要約のデータは記録されません。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 凹凸を有する透明性固体材料と、その凹凸に接して設けられた液晶材料とからなることを特徴とする液晶光学素子。

【請求項 2】 液晶材料と透明性固体材料が、少なくとも一方が透明性を有する 2 枚の基板間に保持された請求項 1 記載の液晶光学素子。

【請求項 3】 透明性固体材料の溶液又は透明性固体材料の前駆体を凹凸を有する他の固体材料の凹凸上に塗布し、固化させることより透明性固体材料表面に前記凹凸を写し取り、得られた透明性固体材料と液晶材料を積層する液晶光学素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、透明—散乱方式あるいは屈折方式により透過光（または反射光）を操作する液晶光学素子に関するものであって、文字、図形等を表示する表示装置、入射光の透過—遮断を制御する光シャッタ、光バルブおよび光路を切り換える光回路部品として利用される。

## 【0002】

【従来の技術】液晶表示素子は、従来ネマチック液晶を使用した TN 型や、STN 型のものが実用化されている。これらは偏光板を要するため、明るさ、コントラストにおいて制限を受ける。

【0003】一方、特表昭 58-501631 号に開示された、液晶材料をカプセル化し、高分子中に分散する方法では、偏光板を要しないため、光の減衰が少ない利点を有している。この開示技術においては、カプセル内の液晶の屈折率が電界の有無によって変化することを利用し、電圧印加下の液晶の屈折率を高分子の屈折率と等しく設定することによって、電圧印加下では透明な電圧を除いた時には、光を散乱し、不透明となる光学素子が得られている。液晶の屈折率の変化を利用した同様な素子として、液晶をエポキシ樹脂中に分散したもの（特表昭 61-502128 号）、紫外線硬化樹脂中に分散したもの（特開昭 62-2231 号）等が知られている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来の液晶光学素子は以下の方法によって製造することができる。■カプセル化した液晶を高分子中に分散する方法。■液晶材料と樹脂およびそれらの共通溶媒を均一に混合し、溶媒を除去することによって生じる相分離によって製造する方法。■液晶材料とモノマーを均一に混合し、モノマーを重合させることによって生じる相分離によって製造する方法。しかし、これらの製造方法では、透明性固体材料中に分散する液晶材料の形状、位置の制御は難しく、また、形状、位置を高度に制御した材料を得ることは不可能である。ところで、液晶光学素子の散乱状態は、液晶の分散状態によって決まる。しかし、従来の液晶光

学素子では、液晶—透明性固体材料の界面（分散状態）を高度に制御することは不可能であるため、透過光の散乱を制御することができないという課題があった。

また、従来の液晶光学素子においては、光が散乱した状態においても中央部の光量を最大とし、散乱光強度が散乱光角度のみに依存する単調減少タイプのものしか得られないし、たとえば特定の方向の散乱を強めることができないという課題を有している。

【0005】本発明の目的は、散乱光の状態を任意にかつ容易に設定できる液晶光学素子を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、凹凸を有する透明性固体材料と、その凹凸に接して設けられた液晶材料とからなる液晶光学素子を提供するものである。本発明においては、液晶材料と透明性固体材料との界面の制御を、固体材料の表面の制御（機械的加工等）によって行うため、公知の方法に比較し、界面の制御を高精度に、また容易に行うことができる利点を有する。

【0007】本発明の液晶光学素子を構成する透明性固体材料は、その凹凸部において液晶材料と接し、凹凸を有する界面を形成する。液晶材料は、液晶分子の配向状態および相状態（液晶相と等方相）の変化によって屈折率が変化する。適当な屈折率を有する透明性固体材料を用いることによって、液晶材料と透明性固体材料における光の散乱、屈折を変化させることができる。たとえば、電圧印加下での液晶材料の屈折率と透明性固体材料の屈折率を一致させた場合には、電圧印加状態で光が直進し、電圧を切った状態で、光が散乱あるいは屈折する光学素子が得られる。このような透明性固体材料と液晶材料の組み合わせとしては、下表のようなものがある。

## 【0008】

## 【表 1】

## 【0009】

【0010】本発明で使用する透明性固体材料は、完全な透明性を必須とするものではないが、光線が透明性固体材料中を通過するときに、著しい減衰を生じない程度の透明性を有することが望ましい。また透明性固体材料に無色である必要はなく必要に応じて有色の固体材料を用いることもできる。透明性固体材料の固体性については、柔軟性、弾性、可塑性を有するものであってもよいし、堅固なものであってもよい。透明性固体材料が堅固な場合には液晶光学素子の基板をかねることができる。透明性固体材料の形状は特に制限されるものではなく、光の散乱、屈折を効率よく行いうるものであればどのような形状のものでも可能であるが、透明性固体材料が液晶材料と層構造を形成する場合には、薄膜状（フィルム状）や板状であるものが望ましい。とくに駆動電圧を下げるためには、20 $\mu$ m 以下が望ましい。

【0011】前述した特性を有する透過性固体材料であ

れば、特に限定されるものではないが透明性、加工性等より高分子材料（ポリマー、プラスチック）あるいはガラスなどが望ましい。

【0012】透明性固体材料の凹凸が、光の波長に比して小さすぎる場合には、光散乱や屈折の効果が期待できないが、それ以外は、目的に応じて適当な大きさ、形状の凹凸を選択することができる。特に透明性固体材料の凹凸を光学的手法、機械的手法によって作製する場合には、その凹凸の制御は、きわめて容易であり、精度が高い。透明性固体材料が薄膜状あるいは板上である場合には、凹凸は片面のみに作製することはもちろん、光制御の効率を上げるために両面に付けることもできる。

【0013】透明性固体の凹凸の製造方法はなんら限定されるものではないが、たとえば、切削、プレス等の機械的方法、レーザ光線等による加工、フォトレジストに用いられるような光反応を利用する方法、溶剤による溶出等の化学的方法あるいは凹凸を有する部分をレプリカ等の方法で写し取る方法等がある。いずれの方法にせよ液晶材料を透明性固体材料との界面を、固体材料の表面形状の制御によって行うことができるため、高精度にまた容易に制御することができる。特に、レプリカ等で写し取る方法は、大量生産に適している。この方法には、透明性、固体材料の溶液を凹凸を有する型に塗布し、溶媒を揮発させたり、透明性固体材料の前駆体（モノマー）を凹凸を有する型に塗布し、UV照射や熱によって重合させたりする方法がある。

【0014】液晶材料は、単一の液晶性化合物に制限されるものではなく、2種以上の液晶性化合物や液晶性化合物以外の物質を含んだ混合物であってもよい。液晶材料としては、ネマチック液晶、スチック液晶、コレステリック液晶のどれを用いてもよく、また誘電率異方性が正であっても負であってもよい。液晶材料の屈折率の変化で、光線が変化するため、液晶材料の2つの屈折率（常光線屈折率と異常光線屈折率）の差、もしくは液晶性と等方相との屈折率の差が大きいものが望ましいが、特にこれによって制限されるものではない。

【0015】液晶材料と透明性固体材料が層構造を有する液晶光学素子の場合に、それぞれの材料が各一層である必要はなく、光学素子の特性を制限するために、それらの材料を複数層積重ねることもできる。

【0016】本発明において液晶材料と透明性固体材料から成る光制御部は、それらがバラバラにならないよう保持される必要がある。透明性固体材料自身がこの働きを兼ねる場合もあるが、他の材料によって形成されることもできる。光制御部が、薄膜状あるいは板状である場合には基板がこれに対応する。基板はガラス、金属等の堅固な材料から作られてもよく、高分子フィルム等の柔軟性を有する材料から作られてもよい。

【0017】本発明の液晶光学素子の駆動は、電圧を印加する方法、磁場を印加する方法、温度による液晶相一

等方相の転移を利用する方法等があるが、とくに電圧印加による方法が望ましい。電圧を印加するための電極として、透明性が要求される場合にはITO（インジウムスズオキサイド）等の透明電極を、透明性が要求されない場合には各種電極を用いることができる。電極の位置は、基板表面に存在することは必須ではなく、透明性固体材料の表面、内部に直接設けることも可能であり、液晶材料との界面に設けることもできる。

【0018】本発明の液晶光学素子を反射型として使用する場合には反射板を設ける必要がある。反射板は、電極と別に設けることもできるが、反射板が電極を兼ねるように設計することもできる。

【0019】本発明の液晶光学素子をプロジェクタ用に用いるためには散乱光が入射口線の軸（透過光の方向）方向より $5^\circ$ 程度ずれる必要があり、それ以下の確度に散乱する光は透過光（ $0^\circ$ ）との分離が難しい。そこで、透明性固体と液晶の界面が、三角形を連ねた形の凹凸と形成し三角形の斜面を入射光に対しても $36^\circ$ 以上の傾きとすれば、界面における屈折光の方向を入射光の軸より $5^\circ$ 以上ずらすことができる。ただし、透明性固体の屈折率は1.5液晶の屈折率を1.7とした。

【0020】本発明の液晶光学素子をプロジェクタ用に用いるためには、散乱光が入射光線の軸（透過光の方向）方向より $5^\circ$ 程度ずれる必要があり、それ以下の角度に散乱する光は、透過光（ $0^\circ$ ）との分離が難しい。そこで、透明性固体と液晶の界面が、三角形を連ねた形の凹凸と形成し、三角形の斜面を入射光に対して $36^\circ$ 以上の傾きとすれば、界面における屈折光の方向を入射光の軸より $5^\circ$ 以上ずらすことができる。ただし、透明性固体の屈折率1.5液晶の屈折率を1.7とした。

【0021】また、透明性固体と液晶の界面が、矩形である場合には、透明性固体と液晶の光学的距離の差が、入射光の半波長に等しくなるように矩型の形状を制御することによって透過一非透過型の素子を作ることができ、これは、プロジェクタ以外にも反射型の表示装置としての利用も考えられる。

【0022】

【実施例】以下、実施例により、本発明を具体的に説明する。しかし、本発明は、これらの実施例に限定されるものではない。

#### 実施例1

ポリメチルメタクリレート（和光純薬製Cat No 25290-31：以下PMMAと略す）をクロロホルムに溶解し20wt%のPMMA溶液を得た。これを透明電極13付ガラス基板14（55mm×25mm，ITO部55mm×10mm）上にたらし、溶媒を揮発させた。ガラス基板上にPMMAの膜12が形成された。

膜は透明であり、厚さは約 $20\mu\text{m}$ であった。PMMA膜をサンドペーパー#180を用いて一方向にこすると

、白く不透明となった。この膜を透過型電子顕微鏡 (SEM) で観察すると、こすった方向に、数  $\mu\text{m}$  から数  $10\mu\text{m}$  の無数の溝ができ、凹凸の表面となっていることが確認された。このPMMA膜上に正の誘電異方性を有するネマティック液晶材料E7 (メルク社製) 11をたらし、その上より他のITO付ガラス基板14を押し付け固定した (図1参照)。得られた液晶光学素子は白く半透明であった。ITO電極間に330Hzの矩形交流波を加え、電圧の変化に伴う入射光線方向の透過率の変化を測定した。光源には、He-Neレーザー (日本電気製GLS5320B) の632.8nmの単色光を用いた。電圧を変化させた後0.5秒たった時の値を透過率として測定した。透過率は、電圧0Vにおいて8%であったが、電圧とともに増加し、50Vで72%まで増加した低電圧領域における光の散乱状態は、中心に対して同心円状に対称ではなく、PMMA膜の溝の向きに垂直な方向に強くなっていた。光の入射方向に対して5°傾いた方向への散乱光強度を測定した。溝に垂直な方向に5°傾いた散乱強度は、電圧0Vでの7%から電圧増加とともに、0.6% (50V) まで低下した。一方、溝に平行な方向に5°傾いた散乱強度は、電圧に依存せず、0Vから50Vの範囲で0.3%以下であった。

【0023】印加電圧を50V一定とし、周波数を0.1Hzから104Hzまで変化させ、透過率を測定した。0.1Hzで透過率10%であったが、周波数とともに増加し (1Hzで21%、10Hzで48%) 100Hzで70%となり、それ以上の周波数ではほとんど変化が見られなかった。

#### 比較例1

実施例1と同様に素子を作成した。ただし、PMMA膜には溝を付けなかった。電圧0Vでの透過率95%、電圧50Vでの透過率96%であった。また電圧50Vにおいて、周波数0.1Hzから104Hzの間で透過率は95%から96%の範囲内にあった。

#### 比較例2

特表昭61-502128号で公知となっているエポキシ樹脂中に液晶が分散した系について同様な測定を行った。エポキシ樹脂系接着剤 (セメダインスーパー、エポキシ-アミド系) と液晶E7を50wt%ずつ混合した。混合物をITO付ガラス基板の間にはさみ、厚さ16  $\mu\text{m}$  のスペーサー用フィルムとともにプレスした。エポキシ樹脂が硬化するにつれて白色不透明になった。実施例1と同様に透過率の測定を行った。0Vから5Vで28%であったものが50V、92%まで増加した。光線の入射方向から5°の方向の散乱光は、0Vから50Vで4%から0.3%まで低下したが、基板の向きによる変化は認められなかった。

#### 実施例2

実施例1と同様に作成したPMMAの20%溶液を曇りガラス (松波ガラス工業製スライドガラスのフロスト部

を仕様) 上にたらし、溶媒を揮発させた。曇りガラス上にPMMAの膜が形成され透明になった。PMMA膜をガラス板よりはがすと不透明となり、曇りガラスとそのレプリカの凹凸状態をSEMによって観察すると、ともに1  $\mu\text{m}$  程度から数十  $\mu\text{m}$  程度の不規則な凹凸の存在が確認され、曇りガラスからPMMA膜への凹凸の写し取りが良好であることが確認できた。膜厚は約10  $\mu\text{m}$  であった。PMMA膜をITO付ガラス基板の間に液晶E7とともににはさみ固定し、積層構造の光学素子を作製した。層の順序は、基板/液晶/PMMA/液晶基板であった。

【0024】作製した光学素子について、実施例1と同様、透過率を測定した。透過率の電圧依存性においては、10Vまで20%とほとんど一定であったが、10Vより急速に立上がり、50Vで89%となった (図2参照)。電圧50Vでの周波数依存性では、周波数とともに透過率が21% (0.1Hz) から88% (102 ~ 104 Hz) まで増加した。これらの透過率の変化は、電圧および周波数の変化の向きによらず、また繰り返し測定においても安定であった。

#### 比較例3

曇りガラスのかわりに透明な (平面) ガラスを用いた以外実施例1と同様な方法で素子を作製し、測定した。電圧を0Vから50Vまで変化させた時、周波数を0.1Hzから104Hzまで変化した時の透過率の変化はそれぞれ97~98%、96~98%であった。

#### 実施例3

PMMAのかわりにポリスチレン (和光純薬製、分子量1600-1800) を液晶としてE8 (メルク製) を用いた以外は、実施例2と同様に光学素子を作成し、測定を行った。電圧とともに透過率は9% (0V) から79% (50V) まで増加した。

#### 実施例4, 5

PMMA溶液のかわりにポリ塩化ビニル系接着剤 (セメダインビニール用) およびエポキシ樹脂系接着剤 (セメダインハイスーパー5) 以外は実施例1と同様に素子の作製および測定を行った。透過率の電圧依存性はそれぞれ40% (0V) ~ 93% (50V)、41% (0V) ~ 77% (50V) であった。

#### 実施例6

実施例2の方法で得られたPMMA膜を裏返し、少量のクロロホルムを付けた曇りガラスに押し付けることによって両面に凹凸を有したPMMA膜を作成した。実施例2と同様に2枚の基板間に液晶/PMMA/液晶の各層を挟み固定した。透過率は電圧とともに9% (0V) から81% (50V) まで変化した。

#### 実施例7

実施例1と同様な方法で得られたPMMA膜を2枚用いて、光学素子を作製し、測定を行った。層の順序は基板/液晶/PMMA/液晶/PMMA/液晶/基板であつ

た。透過率は10% (0V) から41% (50V) まで変化した。

#### 実施例8

実施例1と同様の光学素子を作製し、電圧を印加せず、温度変化に伴う透過率の変化を測定した。液晶材料 (E7) が等方相に変化する約70℃以上で96%であった透過率は、それ以下の温度では17%であった。測定を繰り返した時の透過率もこれらの値と等しかった。

#### 実施例9

実施例2と同様に作成したPMMA膜の平らな側 (曇り 10  
ガラスの反対側) にスパッタコーティング法でITOから成る透明電極を付けた。ITO付ガラス基板の上に液晶および上記PMMA膜を重ねた3層構造 (基板/液晶/PMMA) の素子を作成した。実施例1と同様の方法で透過率を測定すると、電圧無印加で15%であったものが、50Vで70%まで変化した。

#### 【0025】

【発明の効果】以上の如く、本発明は、新規な液晶光学素子を提供するものであり、凹凸を有する透明性固体材料と液晶材料から液晶光学素子を構成することによって 20  
、固体-液晶界面の凹凸を高積度に、また容易に制御できる光学素子を与える。従って、本発明は、表示装置光シャッタ (光バルブ)、光回路等に広く利用することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の液晶光学素子の一例の概略断面図である。

【図2】本発明の液晶光学素子の電圧-透過率曲線の一 30  
例を示す図である。

#### 【符号の説明】

- 11 液晶材料
- 12 透明性固体材料
- 13 透明電極
- 14 ガラス基板

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-250418

(43) 公開日 平成4年(1992)9月7日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 F 1/1333

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

8806-2K

審査請求 未請求 請求項の数3(全5頁)

(21) 出願番号 特願平3-8187

(22) 出願日 平成3年(1991)1月28日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 村井 秀哉

東京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式  
会社内

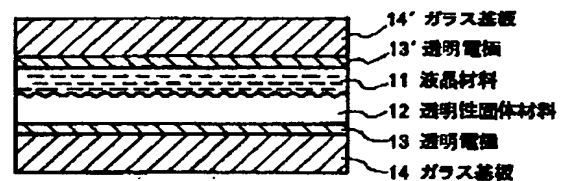
(74) 代理人 弁理士 内原 晋

(54) 【発明の名称】 液晶光学素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 散乱光の状態を任意にかつ容易に設定できる液晶光学素子を提供する。

【構成】 凹凸を有する透明性固体材料12の凹凸面に接して液晶材料11を設けた液晶光学素子である。例えば、電圧印加下での液晶材料の屈折率と透明性固体材料の屈折率とが一致するように各材料を選ぶと、電圧印加状態で光が直進し、電圧無印加状態で光が散乱する。光の散乱状態は透明固体性材料の凹凸によって容易に制御することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 凹凸を有する透明性固体材料と、その凹凸に接して設けられた液晶材料とからなることを特徴とする液晶光学素子。

【請求項2】 液晶材料と透明性固体材料が、少なくとも一方が透明性を有する2枚の基板間に保持された請求項1記載の液晶光学素子。

【請求項3】 透明性固体材料の溶液又は透明性固体材料の前駆体を凹凸を有する他の固体材料の凹凸上に塗布し、固化させることにより透明性固体材料表面に前記凹凸を写し取り、得られた透明性固体材料と液晶材料を積層する液晶光学素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、透明-散乱方式あるいは屈折方式により透過光（または反射光）を操作する液晶光学素子に関するものであって、文字、図形等を表示する表示装置、入射光の透過-遮断を制御する光シャッタ、光バルブおよび光路を切り換える光回路部品として利用される。

## 【0002】

【従来の技術】 液晶表示素子は、従来ネマチック液晶を使用したTN型や、STN型のものが実用化されている。これらは偏光板を要するため、明るさ、コントラストにおいて制限を受ける。

【0003】 一方、特表昭58-501631号に開示された、液晶材料をカプセル化し、高分子中に分散する方法では、偏光板を要しないため、光の減衰が少ない利点を有している。この開示技術においては、カプセル内の液晶の屈折率が電界の有無によって変化することを利用し、電圧印加下の液晶の屈折率を高分子の屈折率と等しく設定することによって、電圧印加下では透明な電圧を除いた時には、光を散乱し、不透明となる光学素子が得られている。液晶の屈折率の変化を利用した同様な素子として、液晶をエポキシ樹脂中に分散したもの（特表昭61-502128号）、紫外線硬化樹脂中に分散したもの（特開昭62-2231号）等が知られている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上述した従来の液晶光学素子は以下の方法によって製造することができる。①カプセル化した液晶を高分子中に分散する方法。②液晶材料と樹脂およびそれらの共通溶媒を均一に混合し、溶

媒を除去することによって生じる相分離によって製造する方法。③液晶材料とモノマーを均一に混合し、モノマーを重合させることによって生じる相分離によって製造する方法。しかし、これらの製造方法では、透明性固体材料中に分散する液晶材料の形状、位置の制御は難しく、また、形状、位置を高度に制御した材料を得ることは不可能である。ところで、液晶光学素子の散乱状態は、液晶の分散状態によって決まる。しかし、従来の液晶光学素子では、液晶-透明性固体材料の界面（分散状態）を高度に制御することは不可能であるため、透過光の散乱を制御することができないという課題があった。また、従来の液晶光学素子においては、光が散乱した状態においても中央部の光量を最大とし、散乱光強度が散乱光角度のみに依存する単調減少タイプのものしか得られないし、たとえば特定の方向の散乱を強めることができないという課題を有している。

【0005】 本発明の目的は、散乱光の状態を任意にかつ容易に設定できる液晶光学素子を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、凹凸を有する透明性固体材料と、その凹凸に接して設けられた液晶材料とからなる液晶光学素子を提供するものである。本発明においては、液晶材料と透明性固体材料との界面の制御を、固体材料の表面の制御（機械的加工等）によって行うため、公知の方法に比較し、界面の制御を高精度に、また容易に行うことができる利点を有する。

【0007】 本発明の液晶光学素子を構成する透明性固体材料は、その凹凸部において液晶材料と接し、凹凸を有する界面を形成する。液晶材料は、液晶分子の配向状態および相状態（液晶相と等方相）の変化によって屈折率が変化する。適当な屈折率を有する透明性固体材料を用いることによって、液晶材料と透明性固体材料における光の散乱、屈折を変化させることができる。たとえば、電圧印加下での液晶材料の屈折率と透明性固体材料の屈折率を一致させた場合には、電圧印加状態で光が直進し、電圧を切った状態で、光が散乱あるいは屈折する光学素子が得られる。このような透明性固体材料と液晶材料の組み合わせとしては、下表のようなものがある。

## 【0008】

## 【表1】

## 【0009】

透明性固体材料	屈折率	液晶	常光線 屈折率	異常光線 屈折率
PMMA	1.50	E7(メルク社製)	1.748	1.523
ポリスチレン	1.59	E8(メルク社製)	1.771	1.525
エポキシ樹脂				
系接着剤(セメダインスーパー)	1.54			
エポキシ樹脂系接着剤				
(セメダインハイスーパー5)	1.54			
ポリ塩化ビニル系接着剤	1.52			

【0010】本発明で使用する透明性固体材料は、完全な透明性を必須とするものではないが、光線が透明性固体材料中を通過するときに、著しい減衰を生じない程度の透明性を有することが望ましい。また透明性固体材料に無色である必要はなく必要に応じて有色の固体材料を用いることもできる。透明性固体材料の固体性については、柔軟性、弾性、可塑性を有するものであってもよいし、堅固なものであってもよい。透明性固体材料が堅固な場合には液晶光学素子の基板をかねることができ、透明性固体材料の形状は特に制限されるものではなく、光の散乱、屈折を効率よく行いものであるが、透明性固体材料が液晶材料と層構造を形成する場合には、薄膜状（フィルム状）や板状であるものが望ましい。とくに駆動電圧を下げるためには、 $20\mu\text{m}$ 以下が望ましい。

【0011】前述した特性を有する透過性固体材料であれば、特に限定されるものではないが透明性、加工性等より高分子材料（ポリマー、プラスチック）あるいはガラスなどが望ましい。

【0012】透明性固体材料の凹凸が、光の波長に比して小さすぎる場合には、光散乱や屈折の効果が期待できないが、それ以外は、目的に応じて適当な大きさ、形状の凹凸を選択することができる。特に透明性固体材料の凹凸を光学的手法、機械的手法によって作製する場合には、その凹凸の制御は、きわめて容易であり、精度が高い。透明性固体材料が薄膜状あるいは板上である場合には、凹凸は片面のみに作製することはもちろん、光制御の効率を上げるために両面に付けることもできる。

【0013】透明性固体の凹凸の製造方法はなんら限定されるものではないが、たとえば、切削、プレス等の機械的方法、レーザ光線等による加工、フォトリソに用いられるような光反応を利用する方法、溶剤による溶出等の化学的方法あるいは凹凸を有する部分をレプリカ等の方法で写し取る方法等がある。いずれの方法にせよ液晶材料を透明性固体材料との界面を、固体材料の表面形状の制御によって行うことができるため、高精度にまた容易に制御することができる。特に、レプリカ等で写し取る方法は、大量生産に適している。この方法には、

媒を揮発させたり、透明性固体材料の前駆体（モノマー）を凹凸を有する型に塗布し、UV照射や熱によって重合させたりする方法がある。

【0014】液晶材料は、単一の液晶性化合物に制限されるものではなく、2種以上の液晶性化合物や液晶性化合物以外の物質を含んだ混合物であってもよい。液晶材料としては、ネマチック液晶、スチック液晶、コレステリック液晶のどれを用いてもよく、また誘電率異方性が正であっても負であってもよい。液晶材料の屈折率の変化で、光線が変化するため、液晶材料の2つの屈折率（常光線屈折率と異常光線屈折率）の差、もしくは液晶性と等方相との屈折率の差が大きいものが望ましいが、特にこれによって制限されるものではない。

【0015】液晶材料と透明性固体材料が層構造を有する液晶光学素子の場合に、それぞれの材料が各一層である必要はなく、光学素子の特性を制限するために、それらの材料を複数層積重ねることもできる。

【0016】本発明において液晶材料と透明性固体材料から成る光制御部は、それらがバラバラにならないよう保持される必要がある。透明性固体材料自身がこの働きを兼ねる場合もあるが、他の材料によって形成されることもできる。光制御部が、薄膜状あるいは板状である場合には基板がこれに対応する。基板はガラス、金属等の堅固な材料から作られてもよく、高分子フィルム等の柔軟性を有する材料から作られてもよい。

【0017】本発明の液晶光学素子の駆動は、電圧を印加する方法、磁場を印加する方法、温度による液晶相等方相の転移を利用する方法等があるが、とくに電圧印加による方法が望ましい。電圧を印加するための電極として、透明性が要求される場合にはITO（インジウムスズオキサイド）等の透明電極を、透明性が要求されない場合には各種電極を用いることができる。電極の位置は、基板表面に存在することは必須ではなく、透明性固体材料の表面、内部に直接設けることも可能であり、液晶材料との界面に設けることもできる。

【0018】本発明の液晶光学素子を反射型として使用する場合には反射板を設ける必要がある。反射板は、電極と別に設けることもできるが、反射板が電極を兼ねるように設計することもできる。



【0019】本発明の液晶光学素子をプロジェクタ用に用いるためには散乱光が入射光の軸（透過光の方向）方向より $5^\circ$ 程度ずれる必要があり、それ以下の確度に散乱する光は透過光（ $0^\circ$ ）との分離が難しい。そこで、透明性固体と液晶の界面が、三角形を連ねた形の凹凸と形成し三角形の斜面を入射光に対しても $36^\circ$ 以上の傾きとすれば、界面における屈折光の方向を入射光の軸より $5^\circ$ 以上ずらすことができる。ただし、透明性固体の屈折率は1.5液晶の屈折率は1.7とした。

【0020】本発明の液晶光学素子をプロジェクタ用に用いるためには、散乱光が入射光の軸（透過光の方向）方向より $5^\circ$ 程度ずれる必要があり、それ以下の角度に散乱する光は、透過光（ $0^\circ$ ）との分離が難しい。そこで、透明性固体と液晶の界面が、三角形を連ねた形の凹凸と形成し、三角形の斜面を入射光に対して $36^\circ$ 以上の傾きとすれば、界面における屈折光の方向を入射光の軸より $5^\circ$ 以上ずらすことができる。ただし、透明性固体の屈折率1.5液晶の屈折率を1.7とした。

【0021】また、透明性固体と液晶の界面が、矩型である場合には、透明性固体と液晶の光学的距離の差が、入射光の半波長に等しくなるように矩型の形状を制御することによって透過-非透過型の素子を作ることができる。これは、プロジェクタ以外にも反射型の表示装置としての利用も考えられる。

#### 【0022】

【実施例】以下、実施例により、本発明を具体的に説明する。しかし、本発明は、これらの実施例に限定されるものではない。

#### 実施例1

ポリメチルメタクリレート（和光純薬製Cat No 25290-31：以下PMMAと略す）をクロロホルムに溶解し20wt%のPMMA溶液を得た。これを透明電極13付ガラス基板14（55mm×25mm、ITO部55mm×10mm）上にたらし、溶媒を揮発させた。ガラス基板上にPMMAの膜12が形成された。膜は透明であり、厚さは約 $20\mu\text{m}$ であった。PMMA膜をサンドペーパー#180を用いて一方にこすると、白く不透明となった。この膜を透過型電子顕微鏡（SEM）で観察すると、こすった方向に、数 $\mu\text{m}$ から数 $10\mu\text{m}$ の無数の溝ができ、凹凸の表面となっていることが確認された。このPMMA膜上に正の誘電異方性を有するネマティック液晶材料E7（メルク社製）11をたらし、その上より他のITO付ガラス基板14を押し付け固定した（図1参照）。得られた液晶光学素子は白く半透明であった。ITO電極間に330Hzの矩形交流波を加え、電圧の変化に伴う入射光線方向の透過率の変化を測定した。光源には、He-Neレーザー（日本電気製GLS5320B）の632.8nmの単色光を用いた。電圧を変化させた後0.5秒たった時の値を透過率として測定した。透過率は、電圧0Vにおいて8

%であったが、電圧とともに増加し、50Vで72%まで増加した低電圧領域における光の散乱状態は、中心に対して同心円状に対称ではなく、PMMA膜の溝の向きに垂直な方向に強くなっていた。光の入射方向に対して $5^\circ$ 傾いた方向への散乱光強度を測定した。溝に垂直な方向に $5^\circ$ 傾いた散乱強度は、電圧0Vでの7%から電圧増加とともに、0.6%（50V）まで低下した。一方、溝に平行な方向に $5^\circ$ 傾いた散乱強度は、電圧に依存せず、0Vから50Vの範囲で0.3%以下であった。

【0023】印加電圧を50V一定とし、周波数を0.1Hzから10<sup>4</sup>Hzまで変化させ、透過率を測定した。0.1Hzで透過率10%であったが、周波数とともに増加し（1Hzで21%、10Hzで48%）100Hzで70%となり、それ以上の周波数ではほとんど変化が見られなかった。

#### 比較例1

実施例1と同様に素子を作成した。ただし、PMMA膜には溝を付けなかった。電圧0Vでの透過率95%、電圧50Vでの透過率96%であった。また電圧50Vにおいて、周波数0.1Hzから10<sup>4</sup>Hzの間で透過率は95%から96%の範囲内にあった。

#### 比較例2

特表昭61-502128号で公知となっているエポキシ樹脂中に液晶が分散した系について同様な測定を行った。エポキシ樹脂系接着剤（セメダインスーパー、エポキシシアミド系）と液晶E7を50wt%ずつ混合した。混合物をITO付ガラス基板の間にはさみ、厚さ $16\mu\text{m}$ のスペーサー用フィルムとともにプレスした。エポキシ樹脂が硬化するにつれて白色不透明になった。実施例1と同様に透過率の測定を行った。0Vから5Vで28%であったものが50V、92%まで増加した。光線の入射方向から $5^\circ$ の方向の散乱光は、0Vから50Vで4%から0.3%まで低下したが、基板の向きによる変化は認められなかった。

#### 実施例2

実施例1と同様に作成したPMMAの20%溶液を曇りガラス（松波ガラス工業製スライドガラスのプロスト部仕様）上にたらし、溶媒を揮発させた。曇りガラス上にPMMAの膜が形成され透明になった。PMMA膜をガラス板よりはがすと不透明となり、曇りガラスとそのレプリカの凹凸状態をSEMによって観察すると、ともに $1\mu\text{m}$ 程度から数十 $\mu\text{m}$ 程度の不規則な凹凸の存在が確認され、曇りガラスからPMMA膜への凹凸の写し取りが良好であることが確認できた。膜厚は約 $10\mu\text{m}$ であった。PMMA膜をITO付ガラス基板の間に液晶E7とともににはさみ固定し、積層構造の光学素子を作製した。層の順序は、基板/液晶/PMMA/液晶基板であった。

【0024】作製した光学素子について、実施例1と同

7

様、透過率を測定した。透過率の電圧依存性においては、10Vまで20%とほとんど一定であったが、10Vより急速に立上がり、50Vで89%となった(図2参照)。電圧50Vでの周波数依存性では、周波数とともに透過率が21%(0.1Hz)から88%(10<sup>2</sup>~10<sup>4</sup>Hz)まで増加した。これらの透過率の変化は、電圧および周波数の変化の向きによらず、また繰り返し測定においても安定であった。

#### 比較例3

曇りガラスのかわりに透明な(平面)ガラスを用いた以外実施例1と同様な方法で素子を作製し、測定した。電圧を0Vから50Vまで変化させた時、周波数を0.1Hzから10<sup>4</sup>Hzまで変化した時の透過率の変化はそれぞれ97~98%、96~98%であった。

#### 実施例3

PMMAのかわりにポリステレン(和光純薬製、分子量1600-1800)を液晶としてE8(メルク製)を用いた以外は、実施例2と同様に光学素子を作成し、測定を行った。電圧とともに透過率は9%(0V)から79%(50V)まで増加した。

#### 実施例4, 5

PMMA溶液のかわりにポリ塩化ビニル系接着剤(セメダインビニール用)およびエポキシ樹脂系接着剤(セメダインハイスーパー5)以外は実施例1と同様に素子の作製および測定を行った。透過率の電圧依存性はそれぞれ40%(0V)~93%(50V)、41%(0V)~77%(50V)であった。

#### 実施例6

実施例2の方法で得られたPMMA膜を裏返し、少量のクロロホルムを付けた曇りガラスに押し付けることによって両面に凹凸を有したPMMA膜を作成した。実施例2と同様に2枚の基板間に液晶/PMMA/液晶の各層を挟み固定した。透過率は電圧とともに9%(0V)から81%(50V)まで変化した。

#### 実施例7

実施例1と同様の方法で得られたPMMA膜を2枚用い

8

て、光学素子を作製し、測定を行った。層の順序は基板/液晶/PMMA/液晶/PMMA/液晶/基板であった。透過率は10%(0V)から41%(50V)まで変化した。

#### 実施例8

実施例1と同様の光学素子を作製し、電圧を印加せず、温度変化に伴う透過率の変化を測定した。液晶材料(E7)が等方相に変化する約70℃以上で96%であった透過率は、それ以下の温度では17%であった。測定を繰り返した時の透過率もこれらの値と等しかった。

#### 実施例9

実施例2と同様に作成したPMMA膜の平らな側(曇りガラスの反対側)にスパッタコーティング法でITOから成る透明電極を付けた。ITO付ガラス基板の上に液晶および上記PMMA膜を重ねた3層構造(基板/液晶/PMMA)の素子を作成した。実施例1と同様の方法で透過率を測定すると、電圧無印加で15%であったものが、50Vで70%まで変化した。

#### 【0025】

- 20 【発明の効果】以上の如く、本発明は、新規な液晶光学素子を提供するものであり、凹凸を有する透明性固体材料と液晶材料から液晶光学素子を構成することによって、固体-液晶界面の凹凸を高精度に、また容易に制御できる光学素子を与える。従って、本発明は、表示装置光シャッタ(光バルブ)、光回路等に広く利用することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

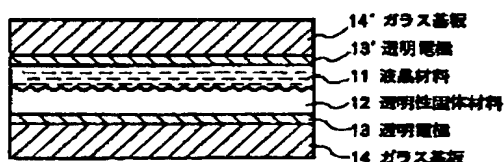
【図1】本発明の液晶光学素子の一例の概略断面図である。

- 30 【図2】本発明の液晶光学素子の電圧-透過率曲線の一例を示す図である。

#### 【符号の説明】

- 11 液晶材料  
12 透明性固体材料  
13 透明電極  
14 ガラス基板

【図1】



【図2】

